

FARKLI GPS YAZILIMLARI İLE DEĞERLENDİRİLEN GPS BAZ UZUNLUKLARININ BİLİNEN DEĞERLER İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Cevat İNAL¹, Ömer SALGIN²

¹Selçuk Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, KONYA

²Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, ANKARA

cevat@selcuk.edu.tr, omersalgin@yahoo.com

ÖZET: GPS ile arazide toplanan datalar büroda yazılımlar yardımıyla değerlendirilir. GPS değerlendirme yazılımları genel anlamda amaçlarına yönelik olarak, bilimsel ve ticari değerlendirme yazılımları olarak iki sınıfa ayrılır.

Bu çalışmada, Ankara Sabit GPS İstasyon Noktası (ANKR) ve Gebze'deki Tubitak Sabit GPS İstasyon Noktası (TUBI) ile 6 adet Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) istasyonu arasında farklı baz uzunlukları için GPS ölçmeleri yapılmıştır. Uzunluklar 15.6 km. ile 284.6 km. arasında değişmektedir. 12 bazda Topcon Hiper Plus alıcıları ile 30 saniye epok aralığında 6 saat süre ile data toplanmıştır. Toplanan datalar Leica Geo Office (LGO 5.0), Trimble Total Control (TTC 2.7), Pinnacle (1.0) ticari yazılımları ve Bernese (4.0) bilimsel yazılım ile 2, 4, 6 saatlik projeler bazında değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda elde edilen baz vektörleri bilinen değerlerle karşılaştırılmıştır.

Karşılaştırma sonucunda yeni nesil ticari yazılımların gelişmiş parametreler ile kullanıldığında, bilimsel yazılımlar kadar iyi sonuçlar verebileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: GPS Yazılımları, Bernese, TGO, TTC, Pinnacle.

Comparison of GPS Baseline Lengths Obtained from Various GPS Softwares with Known Values

ABSTRACT: Field data collected with GPS is evaluated by softwares in the office. In general, GPS evaluation softwares are classified into two categories according to their objectives, which are scientific and commercial.

In this study, observations were collected for different baseline lengths between Continuously Operating GPS station in Ankara (ANKR) and Continuously Operating GPS Station of Tubitak in Gebze (TUBI) with six points that are belong to Turkish National Fundamental GPS Network (TNFGN). Obtained baseline lengths were changing between 15.6 km and 284.6 km. With Topcon Hiper Plus, 30 seconds epoch interval and 6 hours GPS data were collected at 12 base station. These observations were evaluated using commercial softwares; Leica Geo Office (LGO 5.0), Trimble Total Control (TTC 2.7), Pinnacle (1.0) and academic software of Bernese (4.0) as 2, 4 and 6 hours projects. At the end of the post processing computed baseline lengths were compared with real values.

As a consequence of comparison, it has been seen that the new generation commercial softwares can give as good results as academic softwares if developed parameters are used.

Key Words: GPS Softwares, Bernese, TGO, TTC, Pinnacle.

GİRİŞ

Arazide elde edilen GPS ölçülerinin değerlendirilmesinde kullanılan yazılımları, amacına yönelik olarak ticari amaçlı ve bilimsel amaçlı yazılımlar olarak sınıflandırmak

mümkündür. Ticari amaçlı GPS yazılımları klasik mühendislik uygulamalarında kullanılmakta iken, bilimsel amaçlı yazılımlar ise deformasyon ölçülerinin analizi, ülke temel jeodezik ağların kurulması gibi özel mühendislik projelerinde kullanılmaktadır (Salgın 2006).

Günümüzde kullanılan ticari yazılımlara; Pinnacle, TGO (Trimble Geomatics Office), TTC.xx (Trimble Total Control), AOS (Astech Office Suite), Ski.xx, Ski Pro.xx, LGO.xx (Leica Geo Office), bilimsel yazılımlara ise; Bernese, Gamit-Globk, Gipsy değerlendirme yazılımları örnek olarak verilebilir.

Sivil uygulamalarda GPS kullanımının artması ve kullanıcıların GPS sistemini daha iyi kullanmaya başlaması ile GPS ile ilgili yazılmış kitap ve diğer yayınlarda büyük ve hızlı bir artış meydana geldi (Hofmann, Wellenhopf ve diğ. 1997; Leick 1995, Parkinson ve Spilker 1996, Rizos 1999, Teunissen ve Kleusberg 1998).

Yukarıda sözü edilen kitaplarda genellikle veri işlemenin teorisi anlatılmıştır. Ticari yazılım sonuçlarının karşılaştırılmasında ise yayın sayısının kısıtlı olduğu söylenebilir. Örneğin, Satirapod 1997 yılında 13, 49, 127 ve 197 km.lik bazlarda Leica SR 399 ve Trimble 4000 SSE model alıcıları kullanarak SKI 2.1 ve GPSSURVEY 2.0 yazılımlarını Bernese 4.0 yazılımı ile bulduğu sonuçları karşılaştırmıştır. Karşılaştırma sonucunda 13 ve 49 km.lik bazlarda GPSSURVEY yazılımının, 127 ve 197 km.lik bazlarda ise SKI yazılımının daha duyarlı olduğu görülmüştür (Şanlıoğlu 2006). Bhuj deprem bölgesinde ise GPSSURVEY, TGO, Bernese yazılımlarından elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır (Likhari ve diğ. 2002). ABD’de CORS ağına yapılan test çalışmalarında ise hassas efemeris bilgilerinin kullanılmasının gerekliliği bildirilmektedir (Snay ve Miller 2001).

Bu çalışmada Ankara (ANKR) ve TÜBİTAK (TUBİ) Sabit GPS İstasyon Noktaları arasındaki koordinatları bilinen 6 adet TUTGA noktasında GPS ölçüleri yapılmıştır. Daha sonra bu ölçüler hem ticari GPS yazılımları ile hem de Bernese bilimsel yazılımı ile değerlendirilmiş ve elde edilen baz vektörleri bilinen değerlerle karşılaştırılmıştır.

GPS ÖLÇÜLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

GPS ölçülerinin değerlendirilmesindeki ilk aşama arazide toplanan verilerin alıcıdan (dahili veya harici hafızasından) bilgisayar ortamına aktarılmasıdır. Bilgisayar ortamına aktarılan ham datalar daha sonra değerlendirme yazılımına aktarılır. Aktarılan ham datalar başka

değerlendirme yazılımlarında okutulacak ise GPS ortak data formatı olan RINEX formatına dönüştürülür.

GPS Değerlendirme Yazılımları

GPS ölçülerinin değerlendirilmesinde (post-process) kullanılan yazılımları, amaçlarına yönelik olarak bilimsel ve ticari amaçlı olmak üzere iki genel sınıfa ayırmak mümkündür.

Bilimsel yazılımlar ülke jeodezik ağlarının kurulması, deformasyon ölçüleri, datum parametrelerinin belirlenmesi ve yer kabuğu hareketlerinin izlenmesi gibi bilimsel amaçlı projelerde kullanılmaktadır. Bilimsel yazılımlara örnek olarak Bern Üniversitesi tarafından geliştirilen Bernese, Harvard Üniversitesi tarafından geliştirilen Gamit-Globk ve NASA tarafından geliştirilen Gipsy yazılımları verilebilir.

Ticari amaçlı yazılımlar klasik jeodezik çalışmalarda kullanılmaktadır. Ticari yazılımlara örnek olarak ise; Pinnacle, TGO (Trimble Geomatics Office), TTC (Trimble Total Control), AOS (Astech Office Suite), Ski, Ski Pro, LGO (Leica Geo Office) değerlendirme yazılımları verilebilir. Bu yazılımlar genelde alıcı üreten firmalar tarafından, satılan GPS seti ile birlikte verilen yazılımlardır. Alıcılar uydulardan sinyalleri kendine özgü formatlarda kaydettiği için, bu veriler alıcı ile birlikte satılan değerlendirme yazılımları ile okutulmaktadır.

Bilimsel amaçlı yazılımlar ile ticari amaçlı yazılımlar arasındaki en önemli fark; bilimsel amaçlı yazılımlarda uygulanan faz belirsizliği çözümü, faz kesikliklerinin giderilmesi, modellendirmeler gibi birçok aşama, ticari amaçlı yazılımlarda kullanıcıya yük getirmeden otomatik olarak çözümlenmektedir. Bununla birlikte, günümüzde birçok ticari yazılımlar atmosferik modellemeler ve yer dönme parametreleri modellemeleri ile ilgili yeni özellikler eklenerek, bilimsel amaçlı değerlendirmelerde de kullanılabilecek hale getirilmiştir.

Ticari amaçlı yazılımlarda, yazılım kullanma kılavuzunda anlatılan işlem adımları takip edildiği ve önerilen kriterlere uyulduğu süreçte elde edilecek sonuçlarda önemli bir problemle karşılaşmamaktadır.

Bilimsel amaçlı yazılımların kullanılması ise karmaşık olup, bu yazılımları kullanmak iyi bir eğitim, bilgi ve birikim gerektirmektedir. Çünkü değerlendirme aşamasında değiştirilecek olan bir parametre sonuçlarda önemli farklılıklar getirecektir. Bununla birlikte, uluslar arası yürütülen projelerde değerlendirmedeki kullanıcı değişikliklerinden dolayı gelecek farklılıkları gidermek amacıyla, belirli standartlar konulmuştur. IGS yörünge bilgilerinin yedi farklı analiz merkezlerinde üretilmesine rağmen, uygulanan standartlar nedeniyle değerlendirme sonuçlarında önemli farklılıklar olmaması bu standartlara bir örnektir(Kahveci ve Yıldız 2005).

Bernese yazılımı

Bernese yazılımı, İsviçre Bern üniversitesi tarafından geliştirilmiş, yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesi, ülke temel GPS ağlarının kurulması, referans sistemi oluşturulması, deformasyon ölçülerinin analizi gibi tamamen bilimsel amaçlı çalışmalarda kullanılan bir yazılımdır.

Bernese yazılımı içerisinde birlikte değerlendirilen verileri ve işlemleri nitelemek için “campaign-kampanya” terimi kullanılmaktadır. Bu terim ticari GPS yazılımlarındaki “proje” terimi ile özdeştir. Bernese yazılımında değerlendirme yapabilmek için öncelikle mutlaka bir kampanya oluşturulmalıdır. Kampanya oluşturulduktan sonra; verilerin kampanyaya kopyalanması, öncül koordinat listesinin tanımlanması, verilerin Bernese formatına dönüştürülmesi, yer dönme ve yörünge bilgilerinin hazırlanması adımları gerçekleştirilmektedir.

Bernese yazılımı ile değerlendirme yapılırken internetten IGS ürün dosyaları indirilmektedir. Bu dosyalar, değerlendirme sürecinde yararlanılan genel dosyalar ve çözüme konu olan zaman dilimine ait olan dosyalar olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Genel dosyaların bir kısmı yazılımla birlikte yüklenirken, uydu hatalarını içeren. CRX dosyaları, anten faz merkezi kayıklıklarını içeren PHAS_IGS. REL dosyası, alıcı türlerini içeren RECEIVER dosyaları ve yörüngedeki uydu bilgilerini içeren SATELLIT gibi dosyalar düzenli olarak

güncellenmektedir. Çözüme konu zaman dilimine ait olan ve güncellenecek dosyalar ise, hassas yörünge bilgileri, saat düzeltmesi, atmosferik düzeltme vb. dosyalarıdır. Güncelleme işlemi <http://www.auib.unibe.ch/download> ve <ftp://igsceb.jpl.nasa.gov/pub/product> internet adresinden yapılabilmektedir.

Leica Geo Office 5.0 yazılımı

Leica firmasının GPS ile yapılan her tür jeodezik ölçmelerini değerlendirebilen, son güncel ticari yazılımdır. Yazılımda kullanıcıya sunulan program pencereleri File, Import, View, Tools, Export ve Help menüleridir.

LGO yazılımı; Leica firması GPS alıcılarının ham dataları ile ortak data formatı olan RINEX dataları okumaktadır. Yazılım GLONASS ölçüleri ile total station, digital nivo ölçülerini de işleyebilmekte ve kullanıcılara internetten IGS ürünlerini download imkanı da sağlamaktadır.

Yazılım ile projeye import edilen datalar process edilmektedir. Yazılımın işlem parametreleri menüsünde hem yayın efemerisi hem de hassas efemeris kullanılabilmektedir. Yazılımdaki iyonosfer modellemeleri; Automatic, Computed, Klobuchar, Standart, Global/Regional ile No Model seçenekleridir. Troposfer modellemeleri ise; Hopfield, Simplified Hopfield, Saastamenion, Essen and Froome, No Troposphere ve Computed modelleridir. Yine yazılımın işlem parametreleri bölümünde Stokastik model kullanma seçeneği ile iyonosferik yoğunluğun düşük, normal ve yüksek derece olarak seçilebilme imkânları vardır.

LGO yazılımında bazların değerlendirilmesi ile oluşan üçgenlerin üçgen kapanma değerleri hem manuel hem de otomatik olarak alınabilmektedir.

LGO yazılımı ile hem serbest dengeleme hem de dayalı dengeleme yapılabilmektedir. Dengeleme parametreleri seçeneği ile iterasyon sayısı, güven aralığı, öncül hatalar gibi dengeleme parametreleri kullanıcı tarafından girilebilmektedir. Dengeleme sonrasında ise sonuç raporlarında dengeleme ile ilgili bilgiler kullanıcı isteğine göre raporlanabilmektedir.

Proje sonuç koordinatları, hem WGS84 sisteminde hem de kullanıcının belirleyebildiği projeksiyon sisteminde alınabilmektedir.

Trimble Total Control 2.7 yazılımı

Trimble firmasının GPS ile yapılan her tür jeodezik ölçmelerini değerlendirebilen, son güncel ticari yazılımıdır. Yazılımda kullanıcıya sunulan program pencereleri File, Edit, View, Project, Process, Transform, Tools, Options, Window ve Help menüleridir.

TTC yazılımı; Trimble, Topcon, Javad, DSNP, Astech firması GPS alıcılarının ham dataları ile ortak data formatı olan RINEX dataları okumaktadır. Yazılım GLONASS ölçüleri ile total station, digital nivo ölçülerini de işleyebilmekte ve kullanıcılara internetten IGS ürünlerini download imkanı da sağlamaktadır.

TTC yazılımı ile projeye import edilen datalar process edilmektedir. Yazılımın işlem parametreleri menüsünde hem yayın efemerisi hem de hassas efemeris kullanılabilmektedir. Yazılımda hem default iyonosfer modellemesi hem de IGS tarafından yayımlanan iyonosfer modelini internetten download ederek kullanmak mümkündür. Troposfer modellemeleri ise; Clasical Hopfield, Saastamenion, Goad&Goodman, Black, Niell, Yionoulis, Lanyi ve Davis modelleridir.

TTC yazılımında bazların değerlendirilmesi ile oluşan üçgenlerin üçgen kapanma değerleri hem manuel hem de otomatik olarak alınabilmektedir.

TTC yazılımı ile hem serbest dengeleme hem de dayalı dengeleme yapılabilmektedir. Dengeleme parametreleri seçeneği ile iterasyon sayısı, güven aralığı, öncül hatalar gibi dengeleme parametreleri kullanıcı tarafından girilebilmektedir. Dengeleme sonrasında ise sonuç raporlarında dengeleme ile ilgili bilgiler kullanıcı isteğine göre raporlanabilmektedir.

Proje sonuç koordinatları, hem WGS84 sisteminde hem de kullanıcının belirleyebildiği projeksiyon sisteminde alınabilmektedir.

Pinnacle 1.0 yazılımı

Topcon firmasının GPS ile yapılan her tür jeodezik ölçmelerini değerlendirebilen, son güncel ticari yazılımıdır. Yazılımda kullanıcıya sunulan program pencereleri Project, Tools, View, Setup, Window ve Help menüleridir.

PINNACLE yazılımı; Topcon, Javad, Astech firması GPS alıcılarının ham dataları ile ortak data formatı olan RINEX dataları okumaktadır. Yazılım GLONASS ölçülerini de işleyebilmektedir.

PINNACLE yazılımı ile projeye import edilen datalar process edilmektedir. Yazılımın işlem parametreleri menüsünde hem yayın efemerisi hem de hassas efemeris kullanılabilmektedir. Yazılımdaki Troposfer modellemeleri Don't Use Troposphere Model, Apply Goad&Goodman Troposphere Model ve Estimate Zenith Troposphere Modelleridir.

PINNACLE yazılımında bazların değerlendirilmesi ile oluşan üçgenlerin üçgen kapanma değerleri belirtilen kriterler dahilinde otomatik olarak alınabilmektedir.

PINNACLE yazılımı ile hem serbest dengeleme hem de dayalı dengeleme yapılabilmektedir. Dengeleme parametreleri seçeneği ile iterasyon sayısı, güven aralığı, öncül hatalar gibi dengeleme parametreleri kullanıcı tarafından girilebilmektedir. Dengeleme sonrasında ise sonuç raporlarında dengeleme ile ilgili bilgiler kullanıcı isteğine göre raporlanabilmektedir.

Proje sonuç koordinatları, hem WGS84 sisteminde hem de kullanıcının belirleyebildiği projeksiyon sisteminde alınabilmektedir.

Uygulamada Kullanılan Ticari GPS Yazılımlarının Karşılaştırılması

Bu çalışmada kullanılan Leica Geo Office, Trimble Total Control ve Pinnacle GPS değerlendirme yazılımlarının veri işleme öncesi ve veri işleme özellikleri karşılaştırmalı olarak Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir(Salgin 2006).

Tablo 1. Ticari yazılımların veri işleme öncesi özelliklerinin karşılaştırılması.*Table 1. Comparison of commercial softwares properties prior to data processing.*

YAZILIMIN ADI	LGO 5.0	TTC 2.7	PİN 1.0
Ölçü Öncesi Arazi Planlama Modülü Var mı?	Evet	Evet	Evet
Veriler Yüklenirken Gözlemler Düzenleyebiliyor mu?	Evet	Evet	Hayır
Veriler Yüklendikten Sonra Gözlemler Düzenleyebiliyor mu?	Evet	Evet	Evet
Manuel Process İmkânı Var mı?	Evet	Evet	Evet
Otomatik Process İmkânı Var mı?	Evet	Evet	Evet
Glönass Verisi İşlenebiliyor mu?	Evet	Evet	Evet
IGS Ürünlerini İnternette İndirebiliyor mu?	Evet	Evet	Evet

Tablo 2. Ticari yazılımların veri işleme özelliklerinin karşılaştırılması.*Table 2. Comparison of data processing properties of commercial softwares.*

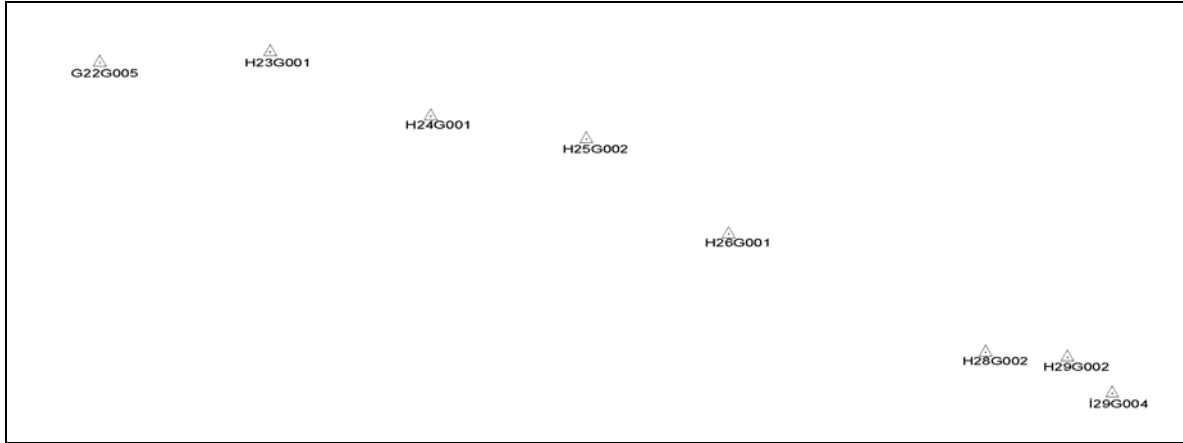
YAZILIMIN ADI	LGO 5.0	TTC 2.7	PİN 1.0
Process Vektör Seçimli Yapılabiliyor mu?	Evet	Evet	Evet
Process Oturum Halinde Yapılabiliyor mu?	Evet	Evet	Evet
Değerlendirilmiş Bir Veride Değişiklik Yapıldığında Tekrar Değerlendirme Gerekliyor mu?	Hayır	Evet	Evet
Gerektiğinde Hassas Efemeris Yüklenebiliyor mu?	Evet	Evet	Evet
İyonosfer Modeli İnternette Yüklenebiliyor mu?	Hayır	Evet	Hayır
Çoklu Çözüm Tipleri Sağlıyor mu?	Evet	Evet	Evet
Sonuçlar Grafik Olarak Gösterilebiliyor mu?	Evet	Evet	Evet
İstatistikî Kontroller Mevcut mu?	Evet	Evet	Evet
Manuel Loop Kapanmasına İzin Veriyor mu?	Evet	Evet	Evet
Otomatik Loop Kapanmasına İzin Veriyor mu?	Evet	Evet	Evet
Diğer Alıcıların Ham Datasını Okuyabiliyor mu?	Hayır	Evet	Evet (Javad ile Astech)
Anten Offset Değerlerine İlişkin Kütüphane Var mı?	Evet	Evet	Evet
Dünya Dönme Parametresi Kullanılabiliyor mu?	Hayır	Hayır	Hayır
Yazılımın Türkçe Yaması Var mı?	Evet	Hayır	Hayır

UYGULAMA

Farklı uzunluktaki bazlarda ticari GPS yazılımlarının Bernese yazılımı ile karşılaştırılması amacıyla; öncelikle Ankara (ANKR) ve Tubitak (TUBI) Sabit GPS İstasyon noktaları arasında, merkezleştirme hatasını önlemek için pilye tesisli noktalar belirlenmiştir. Bu noktalar belirlenirken olası yön hatasının önüne geçmek için noktaların hem doğu-batı hem de batı-doğu doğrultusunda değerlendirilecek bazıları olmasına dikkat edilmiştir. Bu amaçla Ankara ve Tubitak Sabit GPS İstasyon Noktaları arasında 6 adet pilye tesisli TUTGA noktaları belirlenmiştir(Şekil 1).

Test ağında kullanılan Ankara Sabit GPS İstasyon Noktası 1993 yılında kurulmuştur. Nuktada kullanılan alıcı Turbo Rogue, anten tipi ise Choke Ring dir. Nuktanın yaklaşık koordinatları ise Enlem = $39^{\circ} 53' 15''$, Boylam = $32^{\circ} 45' 30''$, Yükseklik=974.80 dir (Şekil2).

Test ağında kullanılan Tubitak Sabit GPS İstasyon Noktası(TUBI) 1998 yılında kurulmuştur. Nuktada kullanılan alıcı Trimble 4700, anten tipi ise Choke Ring dir. Nuktanın yaklaşık koordinatları ise Enlem = $40^{\circ} 47' 12''$, Boylam = $29^{\circ} 27' 02''$, Yükseklik=220.343 dir (Şekil 3).



Şekil 1. Test ağı.

Figure 1. Test area.



Şekil 2. Ankara sabit GPS istasyon noktası ANKR.

Figure 2. Ankara fixed GPS station point ANKR.



Şekil 3. Tubitak sabit GPS istasyon noktası TUBI.

Figure 3. Tubitak fixed GPS station point TUBI.

Test aşında kullanılan TUTGA noktaları; İ29-G002 (MESE), H28-G002 (AYAS), H26-G001 (NALL), H25-G002 (CMLN), H24-G001 (SEYH) ve H23-G001 (IGAZ) noktalarıdır.

GPS Ölçülerinin Yapılması

TUTGA noktalarında; 19 Ekim 2006 tarihinde, 6 saatlik kesintisiz olarak ve 30 sn. epok aralığında GPS ölçüleri yapılmıştır. Ölçülerde Topcon Hiper Plus alıcı ve anteni kullanılmıştır.

Topcon Hiper Plus alıcısı 40 kanallıdır. Hassasiyet Statik ve hızlı statik ölçü yöntemleri için konumda 3mm.+ 0.5 ppm, yükseklikte 5mm.+ 0.5 ppm dir. Real Time Kinematik (RTK) uygulamalarda ise konumda 10mm.+ 1 ppm, yükseklikte 15mm.+ 1 ppm dir. Güç kaynağı olarak Lityum iyon bataryalar kullanılmakta olup, 14 saat kesintisiz ölçü yapılabilir. RTK uygulamaları için dahili Rx veya harici Tx/Rx radyo modemi kullanılmaktadır. Modem ile bağlantı kızılötesi ile sağlanabilmektedir. Alıcının boyutları 159X172X88 mm olup, ağırlığı 1.65 kg dır. Alıcılar -30 derece ile +60 derece arasında çalışabilir olup, su geçirmez özelliktedir.

GPS Ölçülerinin Değerlendirilmesi

GPS ölçülerinin değerlendirilmesinde ilk olarak 6 adet TUTGA noktasında yapılan ölçüler alıcının dahili hafızasından bilgisayara aktarılmıştır.

Alıcıdan bilgisayara aktarılan ham veriler Pinnacle yazılımına okutularak, nokta numarası ve anten yükseklik bilgileri girilmiştir. Nokta numarası, anten yüksekliği ve anten tipi belirlenen datalar, tüm yazılımlarda okutulmak üzere, GPS ortak data formatı olan RINEX

formatına dönüştürülmüştür. RINEX formatı “ssssdddf.yyt” yapısındadır. Dosya ismindeki; “ssss” ölçü noktasının 4 karakterli kısa adını veya ilk 4 rakamlı numarasını , “ddd” ölçü yapılan yılın gününü, “f” oturum numarasını, “yy” gözlem yılını ve “t” dosya tipini (O:gözlem, N:Navigasyon) ifade etmektedir.

Sabit GPS İstasyon Noktalarındaki datalar ile hassas efemeris bilgileri gerek yazılımların internet download bölümünden gerekse internet sitelerinden indirilmiştir. Sabit GPS İstasyon Noktalarındaki datalar ile hassas efemeris bilgilerini elde etmek için; <http://sopac.ucsd.edu/dataArchive> ve <http://www.budbrain.it/igsse/indexdata.cfm> internet sitelerinden faydalanılmıştır.

Hazırlanan GPS dataları, 2 saatlik, 4 saatlik ve 6 saatlik olmak üzere 3 ayrı projeler halinde; hem bilimsel yazılım Bernese 4.0 ile hem de Leica Geo Office 5.0, Trimble Total Control 2.7 ile Pinnacle 1.0 ticari yazılımları ile değerlendirilmiştir. Ölçü anındaki DOP değerleri Tablo 3 de, kullanılan TUTGA noktalarının referans epok koordinatları Tablo 4 de verilmektedir.

Tablo 4 deki koordinatlar, noktalardaki hız değerleri dikkate alınarak ölçü epoğuna kaydırılmıştır(Tablo 5). Ölçü epoğundaki koordinatlardan ölçü anındaki gerçek baz bileşenleri hesaplanmıştır(Tablo 6).

GPS ölçüleri her bir yazılımda ayrı ayrı 2,4,6 saatlik bölümler halinde değerlendirilmiş, baz uzunlukları hesaplanmış ve bu değerlerin bilinen baz uzunluklarıyla farkları alınmıştır(Tablo 7). Farklar grafik olarak şekil4-7 de gösterilmiştir.

Tablo 3. Ölçü anındaki DOP değerleri.
Table 3. DOP values at the moment of measurement.

DOP	En Küçük	En Büyük	Ortalama
GDOP	1.746	9.516	3.407
PDOP	1.558	8.858	2.972
HDOP	0.959	9.154	1.816
VDOP	1.229	8.203	2.512

Tablo 4. Kullanılan TUTGA Noktalarının Referans Epok Koordinatları.*Table 4. Reference epoch coordinates of TUTGA points employed.*

Referans Epok : 2005.00		Datum: ITRF-96		Elipsoit : GRS-80			
Nokta		Kartezyen Koordinatlar (m)			Yıllık Hız Değerleri (m)		
No	Kısa Adı	X	Y	Z	V _x	V _y	V _z
İ29-G004	ANKR	4121948.5517	2652187.9131	4069023.7231	-0.0064	-0.0046	0.0055
G22-G005	TUBI	4211318.2470	2377866.4169	4144664.1154	-0.0193	0.0166	0.0013
İ29-G002	MESE	4131621.0624	2639968.6549	4067659.7174	-0.0081	-0.0041	0.0051
H28-G002	AYAS	4132965.0902	2617737.5421	4080224.6140	-0.0048	-0.0039	0.0071
H26-G001	NALL	4164903.9186	2548239.3737	4090996.2323	-0.0129	-0.0098	0.0006
H25-G002	CMLN	4190589.4872	2509640.5032	4088281.3316	0.0000	-0.0058	0.0075
H24-G001	SEYH	4196804.2584	2467507.6332	4108457.1097	-0.0007	-0.0070	0.0080
H23-G001	IGAZ	4214159.8416	2424031.3653	4115367.5473	-0.0041	-0.0117	-0.0031

Tablo 5. Ölçü Epoğuna Kaydırma Hesabı.*Table 5. Transformation of the coordinates to the current epoch.*

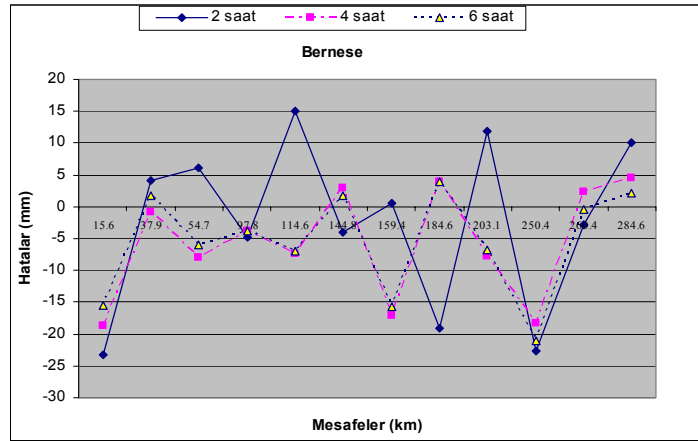
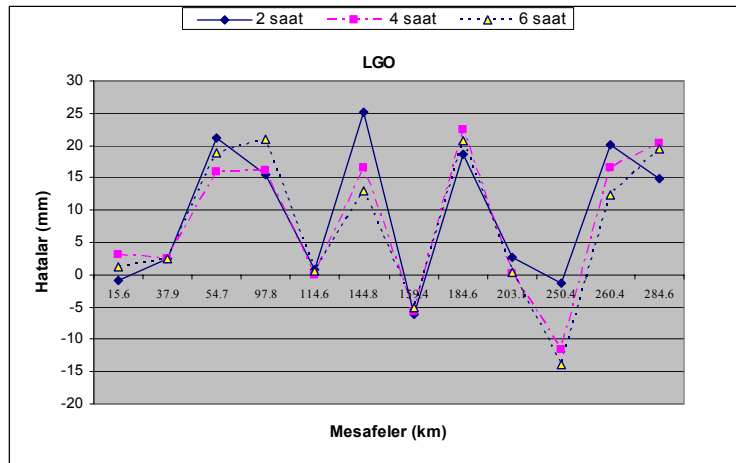
Çalışma tarihi: 19.10.2006		GPS günü: 292				Artık Yıl = 292/365.25 = 0.799	
Ölçü Epoğu: 2006.799		Datum ITRF-96				Elipsoit: GRS-80	
Ölçü Epoğu Koordinatları							
Nokta No	Kısa adı	X	Y	Z	Ölçü Epoğu		
İ29-G004	ANKR	4121948.5402	2652187.9048	4069023.7330	2006.799		
G22-G005	TUBI	4211318.2123	2377866.4468	4144664.1177	2006.799		
İ29-G002	MESE	4131621.0478	2639968.6475	4067659.7266	2006.799		
H28-G002	AYAS	4132965.0816	2617737.5351	4080224.6268	2006.799		
H26-G001	NALL	4164903.8954	2548239.3561	4090996.2334	2006.799		
H25-G002	CMLN	4190589.4872	2509640.4928	4088281.3451	2006.799		
H24-G001	SEYH	4196804.2571	2467507.6206	4108457.1241	2006.799		
H23-G001	IGAZ	4214159.8342	2424031.3442	4115367.5417	2006.799		

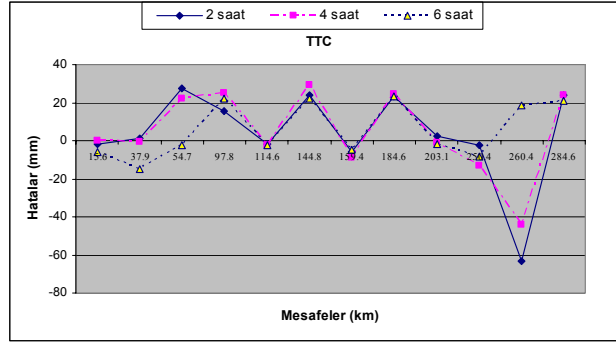
Tablo 6. Ölçü Anındaki Gerçek Baz Bileşenleri.*Table 6. Real baseline components at the moment of measurement.*

BAZ		BAZ BİLEŞENLERİ (metre)		
Referans 1	Referans 2	ΔX	ΔY	ΔZ
ANKR (İ29-G004)	İ29-G002	9672.5076	-12219.2573	-1364.0064
ANKR (İ29-G004)	H28-G002	11016.5414	-34450.3697	11200.8938
ANKR (İ29-G004)	H26-G001	42955.3552	-103948.5488	21972.5004
ANKR (İ29-G004)	H25-G002	68640.9470	-142547.4121	19257.6121
ANKR (İ29-G004)	H24-G001	74855.7170	-184680.2842	39433.3911
ANKR (İ29-G004)	H23-G001	92211.2940	-228156.5606	46343.8087
TUBI (G22-G005)	İ29-G002	-79697.16445	262102.2008	-77004.3912
TUBI (G22-G005)	H28-G002	-78353.13071	239871.0883	-64439.4910
TUBI (G22-G005)	H26-G001	-46414.31688	170372.9093	-53667.8844
TUBI (G22-G005)	H25-G002	-20728.72507	131774.0460	-56382.7726
TUBI (G22-G005)	H24-G001	-14513.95513	89641.1738	-36206.9936
TUBI (G22-G005)	H23-G001	2841.621952	46164.8975	-29296.5760

Tablo 7. Bilinen ve değerlendirme sonucu hesaplanan bazlardaki farklar(mm).*Table 7. Differences between known and calculated baselines(mm).*

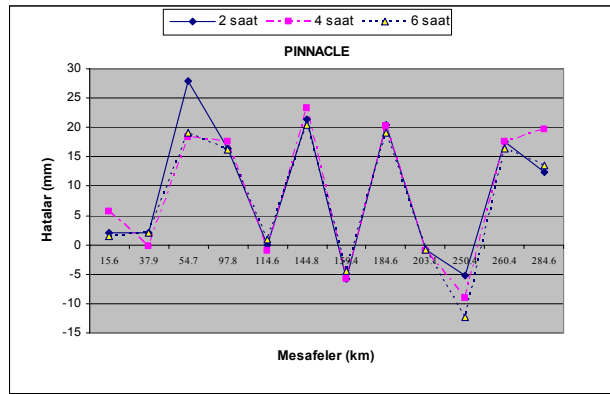
Baz Uzunluğu (km)	Bernese			LGO			TTC			PINNACLE		
	2 ^h	4 ^h	6 ^h	2 ^h	4 ^h	6 ^h	2 ^h	4 ^h	6 ^h	2 ^h	4 ^h	6 ^h
15,6	-23,3	-18,6	-15,5	-0,9	3,2	1,2	-1,8	0,2	-6,1	2,0	5,7	1,4
37,9	4,2	-0,9	1,8	2,5	2,5	2,4	0,9	-0,3	-14,9	2,1	-0,2	2,0
54,7	6,1	-8,0	-6,0	21,2	16,0	18,9	27,7	22,2	-2,6	27,8	18,4	19,1
97,8	-4,9	-3,8	-3,9	15,5	16,1	21,0	15,3	25,2	22,1	16,5	17,6	16,2
114,6	15,0	-7,3	-7,0	0,8	-0,1	0,6	-1,9	-2,3	-2,3	-0,1	-1,0	0,9
144,8	-4,1	2,9	1,8	25,2	16,5	12,9	23,8	29,4	21,9	21,4	23,3	20,5
159,4	0,5	-17,2	-15,8	-6,2	-5,8	-5,1	-6,2	-8,9	-4,6	-5,9	-5,9	-4,5
184,6	-19,0	3,9	4,0	18,6	22,5	20,7	23,3	24,3	23,5	20,5	20,3	19,1
203,1	11,8	-7,8	-6,7	2,7	0,1	0,3	2,4	-1,4	-1,7	-0,9	-1,1	-0,9
250,4	-22,6	-18,3	-21,0	-10,3	-11,6	-13,9	-2,1	-13,2	-8,2	-5,2	-9,1	-12,4
260,4	-2,9	2,4	-0,5	20,1	16,6	12,3	-63,5	-44,4	18,5	17,6	17,5	16,4
284,6	10,0	4,6	2,1	14,9	20,4	19,4	23,8	23,9	21,1	12,4	19,7	13,5

**Şekil 4.** Bernese yazılımı ile elde edilen baz farkları.*Figure 4. Baseline differences obtained using Bernese software.***Şekil 5.** LGO yazılımı ile elde edilen baz farkları.*Figure 5. Baselines differences obtained using LGO software.*



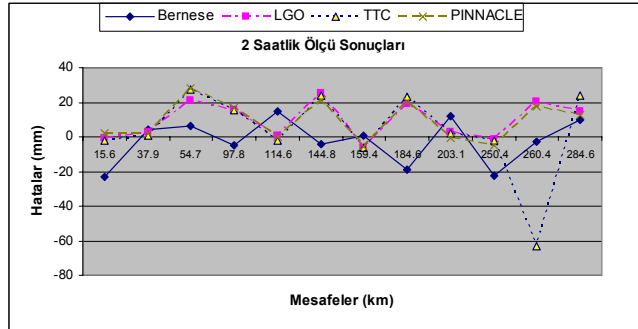
Şekil 6. TTC yazılımı ile elde edilen baz farkları.

Figure 6. Baselines differences obtained using TTC software.



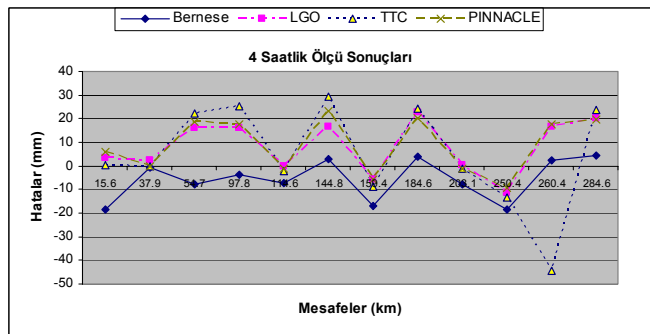
Şekil 7. PINNACLE yazılımı ile elde edilen baz farkları.

Figure 7. Baselines differences obtained using Pinnacle software.



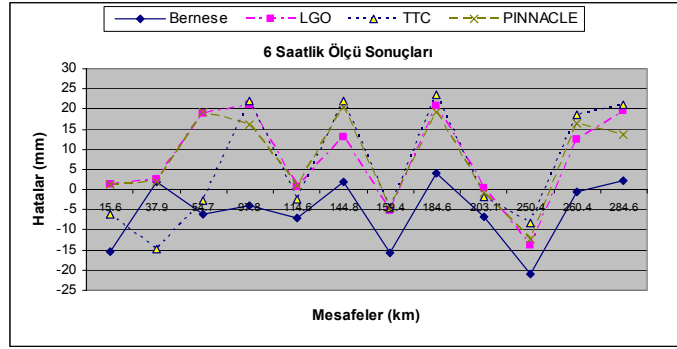
Şekil 8. 2 Saatlik Ölçü Sonuçları.

Figure 8. 2 hours measurement results.



Şekil 9. 4 Saatlik Ölçü Sonuçları.

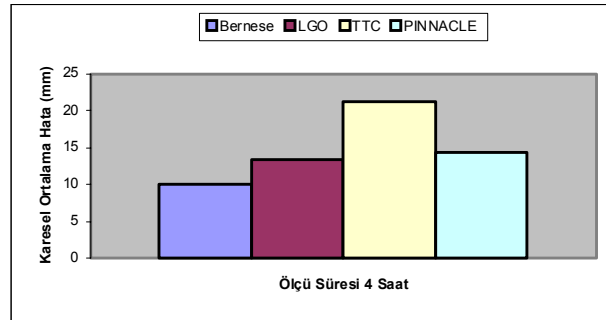
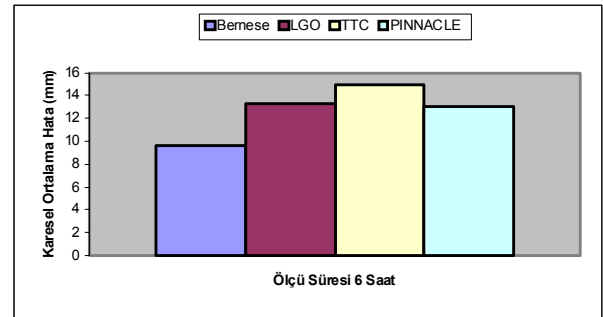
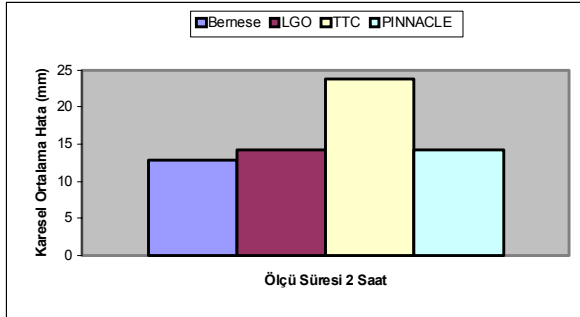
Figure 9. 4 hours measurement results.



Şekil 10. 6 Saatlik Ölçü Sonuçları.
Figure 10. 6 hours measurement results.

Tablo 8. Karesel ortalama hatalar(mm).
Table 8. Root mean square errors(mm).

Yazılım	Ölçü Süresi(saat)		
	2	4	6
Bernese	12.86	10.09	9.59
LGO	14.31	13.45	13.38
TTC	23.74	21.19	14.92
PINNACLE	14.31	14.29	13.05



Şekil 11. Karesel Ortalama hataların grafik gösterimi.
Figure 11. Graphical presentation of root mean square errors.

Her bir yazılım için bilinen baz uzunlukları ile değerlendirme sonucu elde edilen baz uzunlukları arasındaki farklar 2,4,6 saatlik dilimler halinde şekil 8-10 da gösterilmiştir.

Tablo 7 deki farklar (v) kullanılarak her yazılım için 2, 4, 6 saatlik değerlendirmeler dikkate alınarak, n ölçülen baz sayısını göstermek üzere;

$$m = \sqrt{\frac{[vv]}{n}} \quad (1)$$

eşitliği ile karesel ortalama hatalar hesaplanmıştır (Tablo 8). Hesaplanan karesel ortalama hatalar grafik olarak şekil 11 de gösterilmiştir.

SONUÇLAR

Ülkemizde Türkiye Ulusal Temel GPS Ağındaki(TUTGA) noktaların koordinatları ve hız vektörleri uzun süreli ölçülerle yüksek doğrulukta belirlenmiş bulunmaktadır. Bu çalışmada GPS yazılımlarının karşılaştırılmasında bu noktalardan yararlanılmıştır. Bu amaçla Ankara'daki Ankara Sabit GPS İstasyonu Noktası (ANKR) ile Gebze'deki Tubitak Sabit GPS İstasyon Noktası (TUBI) ve İ29-G002 (MESE), H28-G002 (AYAS), H26-G001 (NALL), H25-G002 (CMLN), H24-G001 (SEYH) ve H23-G001 (IGAZ) TUTGA

noktaları kullanılmış ve 6 saat 30 saniye epok aralığında data toplanmıştır. Datalar bilimsel yazılım Bernese(4.0) ve ticari yazılımlar Leica Geo Office (LGO 5.0), Trimble Total Control (TTC 2.7) ve Pinnacle (1.0) ile 2, 4, 6 saatlik projeler bazında değerlendirilmiştir. Baz uzunlukları 15.6 km. ile 284.6 km. arasında değişmektedir. Değerlendirme sonunda uygulamada kullanılan bütün yazılımlarda ölçü süresi arttıkça bilinen bazlarla hesaplanan bazlar arasındaki farkların azaldığı, dolayısıyla doğruluğun arttığı görülmektedir. Ancak Tablo 8 incelendiğinde bu artışın çokda anlamlı olmadığı, doğruluğu artırmak için ölçü süresinin artırılmasının tek başına yeterli olmadığı görülmektedir.

Farklı yazılımlar ile elde edilen sonuçların birbirine yakın olduğu görülmektedir. Çünkü son zamanlarda yeni nesil ticari yazılımlar kullanıcıya gelişmiş parametreler ve modellemeler kullanma imkânı sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

- Hofmann, W.B., Lichtenegger H., Collins., J. 1997, Global Positioning System : Theory and Practice, Springer-Verlag/Wien, New York.
- Kahveci, M., Yıldız, F., 2001, Global Konum Belirleme Sistemi, Nobel Yayınları, Ankara, ISBN 975-591-203-7
- Leick, A., 1995, GPS Satellite Surveying, Second Edition, Department of Surveying Engineering, University of Maine, Orono, John Wiley&Sons Inc.
- Likhar, S., Kulkarni, M.N., Tomar, V.S., Pillai, P., 2002, A Comprative Study of Results From GPA Data Processing Software, The Asian GPS Conference 2002, October 24-25, New Delhi, India.
- Parkinson, B.W., Spilker Jr.,J.J., 1996, Global Positioning System : Theory and Applications (Vol.1), American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc, Washington D.C.
- Rizos, C., 1999, Principles and Practice of GPS Surveying, version 1.1 The University New South Wales, Australia.
- Salgın, Ö., 2006, Farklı Uzunluktaki Bazlarda Ticari GPS Yazılımlarının Bernese Yazılımı ile Karşılaştırılması,Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya
- Satirapod, C., 1997, Comparative Study of Accuracies Obtainable from Commercial GPS Hardware and Software, Master thesis, Department of Survey Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.
- Snay, R., Miller, M., 2001, Using CORS Workshop, In Cooperation With The Land Surveyors' Association of Washington, NGS and Central Washington University.
- Şanlıoğlu, İ., 2004, Global Konum Belirleme Sistemi (GPS) Yazılımlarının Veri İşleme Modüllerinin Uluslararası GPS Servisi (IGS) Ürünleri Kullanarak Test Edilmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Teunissen, P.J.G., Kleusberg, A., 1998, GPS for Geodesy, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.